

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: **07249393 A**

(43)Date of publication of
application: 26. 09 . 95

(51)Int. Cl. **H01J 37/28**
H01J 37/09
H01J 37/22

(21)Application number: **06041346**

(22)Date of filing: 11 . 03 . 94

(71)Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72)Inventor: **MIYOSHI MOTOSUKE**
YAMAZAKI YUICHIRO

(54)**WAFER PATTERN DEFECT DETECTING
METHOD AND EQUIPMENT**

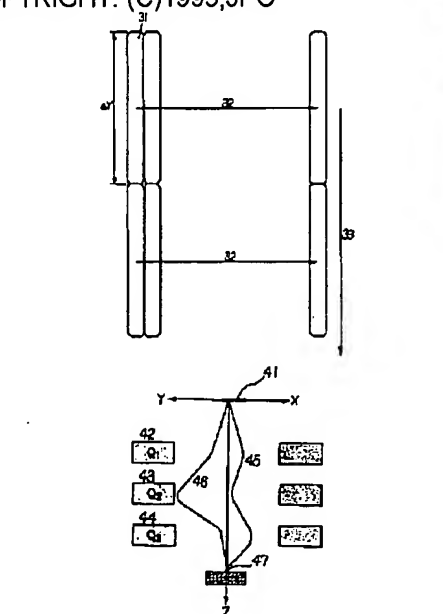
(57)Abstract:

PURPOSE: To increase inspection speed without drop in detecting sensitivity by scanning with rectangular electron beams for inspection obtained by deflecting with an electric field lens and focusing on an inspection specimen for detecting a reflecting electron signal sent from the inspection specimen.

CONSTITUTION: Electron orbits 45, 46 in the directions of major axis and minor axis of a rectangular anode 41 are imaged as a rectangular image surface 47 by quadrupole lenses 42, 43, 44, and the aspect ratio (N) of the shape is varied by the setting change of shrinking ratio in the direction of the major axis. In this constitution, useless light source luminous energy does not generate. While the image surface 47 is scanned in a minor axis direction 32 by a polariscope as a rectangular electron beam 31, a stage is shifted in a major axis direction 33 at the same pitch as major axis length ΔY to raster

scan on a specimen. Since the beam 31 is N times beam in an X direction against beam in a Y direction, it is scanned at a speed N times faster than the speed when N is 1. The secondary electron beam from the specimen surface is focused by a multistep electric field quadrupole lenses, imaged through a slit, and detected.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-249393

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J	37/28	Z		
	37/09	A		
	37/22	5 0 2 C		

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-41346

(22) 出願日 平成6年(1994)3月11日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 三 好 元 介

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝堀川町工場内

(72) 発明者 山 崎 裕一郎

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会

社東芝堀川町工場内

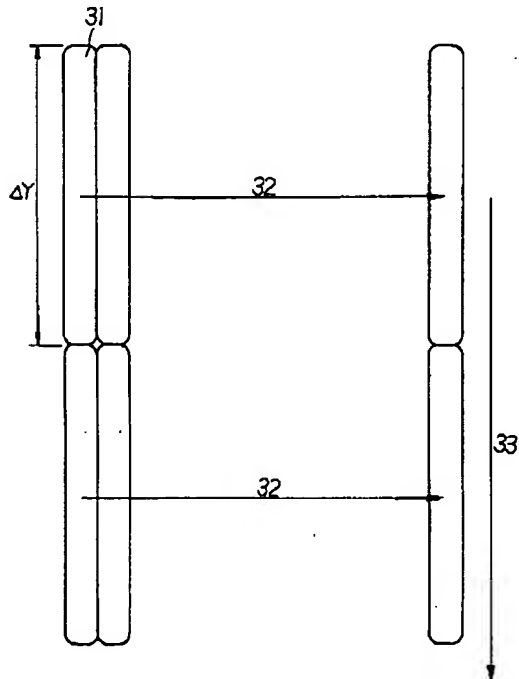
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 ウェーハパターン of 欠陥検出方法及び同装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 検出感度を落とすことなく走査速度の向上を図る。

【構成】 走査する電子ビームを矩形ビーム31にする。矩形ビームを形成する電子光学系は、矩形陰極光源と四極子レンズ系とからなる電子光学系が最も適しており、矩形ビームの短軸方向に偏向系により走査しながら、ステージを長軸方向に長軸長と一致するピッチで移動させることにより、試料面上をラスタ走査する。矩形ビームは従来の円形ビームを縦に複数個並べたものと考えられ、ビームの水平移動方向をX方向、垂直移動方向をY方向とすると、X方向のサイズは円形ビームと同じであって解像度は落ちることはない。また、矩形ビームは円形ビームに比べてY方向のサイズだけ大きくなったことになり、従来と比べY方向の折返し回数が減り、走査速度が向上する。その速度向上の度合いは矩形ビームのアスペクト(長軸長と短軸長の長さの比)分の画素信号が同時に検出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 矩形光源からの矩形電子ビームをウェーハ試料面のパターンに合わせたサイズにした検査用矩形電子ビームにより前記試料面の検査対象部分を走査する矩形電子ビーム発生手段と、
前記試料面から生ずる電子信号を検出する電子信号検出手段と、
前記電子信号検出手段の出力信号に基づく電子信号像データにより前記試料における欠陥の存在を検出する欠陥検出手段とを備えたウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項2】 矩形電子ビーム発生手段は、
光源からの矩形電子ビームを偏向させて試料面の検査対象パターン部に集束させる電界型レンズを備えたことを特徴とする請求項1記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項3】 電子信号検出手段は、
試料面からの反射電子信号を検出する反射電子信号検出手段によって構成されていることを特徴とする請求項1、2のうちのいずれか1項記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項4】 電子信号検出手段は、
試料面からの二次電子信号を検出する二次電子信号検出手段によって構成されていることを特徴とする請求項1、2のうちのいずれか1項記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項5】 二次電子検出手段は、
二次電子検出センサと、
試料面から生ずる電子信号を前記二次電子検出センサの像面に結像させる電界型レンズとを備えたことを特徴とする請求項5記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項6】 二次電子検出センサは、
複数に分割されたマルチアノード電極と、
試料面からの二次電子を前記マルチアノード電極に導くマイクロチャネルプレート装置とを備えたことを特徴とする請求項6記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項7】 二次電子検出センサは、
マイクロチャネルプレート装置は3段のマイクロチャネルプレートから構成されていることを特徴とする請求項6記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項8】 二次電子検出センサは、
リニアイメージセンサと、
試料面からの二次電子を前記リニアイメージセンサに導くマイクロチャネルプレート装置とを備えたことを特徴とする請求項7記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項9】 マイクロチャネルプレート装置は、
2段のマイクロチャネルプレートと、
該2段のマイクロチャネルプレートの出力信号を結像させる蛍光面を備えた受像部と、
該受像部からの信号をリニアイメージセンサに導く光フ

アイバとを備えたことを特徴とする請求項8記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項10】 欠陥検出手段は、
相互に同一パターンが形成された別個の試料面における同一の領域からの二次電子像データを比較し、両者が一致するか否かにより欠陥の有無を検出することを特徴とする請求項1～9のうちのいずれか1項記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項11】 欠陥検出手段は、
2個の二次電子像データが不一致のとき、その2個の二次電子像データを同一パターンを有する他の二次電子像データと比較し、その結果において不一致となったものを欠陥パターンとして判定することを特徴とする請求項10記載のウェーハパターンの欠陥検出装置。

【請求項12】 矩形光源によって矩形電子ビームを取出すステップと、

前記矩形電子ビームにより試料面を走査し、前記試料面からの二次電子信号を検出するステップと、

前記二次電子信号により二次電子像データを生成し、その二次電子像データにより試料面に形成されたパターンの欠陥を検出するステップとを備えたウェーハパターンの欠陥検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ウェーハパターンの欠陥検出方法及び同装置に関するもので、電子ビームを用いてウェーハ上に形成されたパターンの欠陥を高感度かつ高速に検出する方法及びそれを達成する装置構成に関するもので、特に、パターン上を電子ビームで走査し、その結果として得られる二次電子画像あるいは反射電子画像を比較しながら欠陥の有無を検知する方式において、高感度と検出の信頼性(capture rate)を維持しながら高速化を達成する手法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 超LSIのプロセス開発あるいは製造においてパターン欠陥を検出し、その原因を追及することは歩留り向上のための最も基本的な手法であり、不可欠な技術になっている。検出すべき欠陥の寸法はパターンの最小寸法によって決まり、概ねパターン最小寸法の1/2以下の欠陥を検出しなければならない。これは、64M DRAMの最小パターン寸法0.4 μ mに対し欠陥寸法0.2 μ m、また256M DRAMのパターン寸法0.25 μ mに対しては欠陥寸法0.1 μ mの検出感度が今後要求されていることを意味している。このような欠陥検出感度が要求されている分野では電子ビームを使うことが必要になってくる。これは検出すべき欠陥の寸法がもはや電子顕微鏡を用いての光により得られる最小分解能を越えているためである。

【0003】 ここで、従来の電子ビームを使用した欠陥検出手法について説明する。この手法は大きく分けて画

像取込み処理と欠陥検出処理とからなっており、不良解析のための欠陥検出は、一般にパターン比較が多く採用されている。これは、別個のウェーハ上に形成された同じパターンからの2つの画像を比較し、両者が同じパターン形状であると判定されれば、いずれも正常であると判断し、もし異なっていればパターン中に欠陥が存在すると判断するものである。

【0004】このときの比較パターンは、その別個のウェーハ上に配列されたダイ（チップ）の同一の領域（観察画面）から得られるパターンの画像同士を比較する方法が最も一般的であり、このような方式をダイ・ツー・ダイ方式と呼んでいる。

【0005】また、メモリセルのように同じパターンが並んでいるような配列の場合には、ビームを走査しながら隣接したパターン同士を順次比較していく。この方式だと、ダイ同士の比較に比べて隣接パターンとの比較であるので走査方法が簡単で高速化が可能であり、最近ではこの方式が広く用いられる傾向にある。ここで、この方式のビームの走査方法と信号の検出方法とを少し詳細に説明する（P. Sandland et al, J. Vac. Sci. Technol. B9 20 (6), Nov/Dec, p. 3005, 1991）。

【0006】図9及び図10は従来の欠陥検出方法におけるビームの形状と走査法とを示すものである。まず、有限の大きさ（ビーム径（直径）R）を持った円形ビーム11をX方向にラスタ走査させながら、ステージをY方向に移動させる。結果としてウェーハ上20のパターンはビームにより短冊状に走査されることになる。

【0007】このとき、図10（a）に示すようにウェーハ21上に形成した特定の検査したいチップ22をビーム11により走査する。ここでは3個のチップ22a～22cを検査する場合を示しており、それらをまとめて走査することとなる。すなわち、そのビームの走査はX方向にビームを走査しながらステージはY方向に移動させることにより、図10（c）に示すように矢印25に示すような所定幅の鋸刃状態でビームが移動し、図10（b）に示すように、結果として符号23で示す一定幅の短冊状に走査を行う。走査領域はチップ全体としては矢印26に示すような往復運動となり、結果としてチップ全面を走査することができる。

【0008】このときのビーム径Rは、0.1 μ mの欠陥検出感度が要求されるならば0.1 μ mが必要である。ビームのラスタ走査に同期したピッチ ΔX 、すなわち、この場合は0.1 μ m毎に信号が画素14に取込まれ、画像を形成する。ウェーハ20の全面を100%の検出率で検査する、つまり間引きをしない、と仮定すれば、Y方向のピッチ ΔY もビーム径Rによって決まり、この場合は0.1 μ mとなる。X1, X2, ..., XN は各画素14のX軸のアドレス（ビーム中心のX位置座標）、Y1, Y2, ..., YN は各画素14のY軸のアドレス（ビーム中心のY位置座標）である。これらの各画

素14同士を画像処理プロセッサにより前述したような比較処理を行って欠陥を抽出することとなる。

【0009】ところで、このときの検査に要する時間は、(1) 目的とする検査感度を達成するために必要なビーム径Rと、さらにそのビーム径Rによって決まる走査ピッチ、(2) 画素14中に取込まれる信号のS/N、によって決まる。

【0010】そして、そのS/Nは入射する電子ビームの電流量によって決まることとなる。したがって、前述した従来の欠陥検出手法によれば、ビーム電流量を大きくすることにより、十分なコントラストで欠陥を検出することができることとなる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ビーム電流量は次のような理由から制限されることとなっている。つまり、観察対象がウェーハ20上に形成されたパターンであり、よく知られているようにウェーハ20上に形成されたパターンのほとんどが絶縁物であるため、観察にあたっては、その絶縁物がチャージアップすることを防ぐことが必要となるのである。具体的には、1keV以下の低エネルギーで観察するようになる。このように一次電子のエネルギーの低さが原因で、レンズの収差特性が低下し、注入電子量の低下による信号のS/Nの低下（コントラストの低下）が深刻な問題として発生している現状にある。

【0012】この問題を回避して最高の検出感度を保持するためには、ビームの走査を遅くして1画素中のビームの滞在時間を長くして1画素あたりの注入電子量をかせぐか、同一の画素を繰返して走査することにより累積加算処理を行いS/Nを向上させる等の施策が必要になるが、いずれにしても検査時間の大幅な増加要因となり好ましくない。

【0013】本発明は上記従来技術の有する問題点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、欠陥検出感度を犠牲にすることなく、より速い検査時間で検査を行えるウェーハパターンの欠陥検出方法及び同装置を提供することにある。

【0014】また、本発明の目的は矩形電子ビームによりウェーハパターンを走査することを目的とする。

【0015】さらに、本発明は、その矩形電子ビームをその光量密度が均一で、かつ光源光量の無駄が生じさせることなく生成することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明のウェーハパターンの欠陥検出装置は、矩形光源からの矩形電子ビームをウェーハ試料面のパターンに合わせたサイズにした検査用矩形電子ビームにより前記試料面の検査対象部分を走査する矩形電子ビーム発生手段と、前記試料面から生ずる電子信号を検出する電子信号検出手段と、前記電子信号検出手段の出力信号に基づく電子信号像データにより

前記試料における欠陥の存在を検出する欠陥検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0017】矩形電子ビーム発生手段は、光源からの矩形電子ビームを偏向させて試料面の検査対象パターン部に集束させる電界型レンズを備える構成とすることができる。

【0018】電子信号検出手段は、試料面からの反射電子信号を検出する反射電子信号検出手段や試料面からの二次電子信号を検出する二次電子信号検出手段によって構成することができる。

【0019】二次電子検出手段は、二次電子検出センサと、試料面からの二次電子信号を前記二次電子検出センサの像面に結像させる電界型レンズとを備えている。

【0020】二次電子検出センサは、複数の分割されたマルチアノード電極と、試料面からの二次電子を前記マルチアノード電極に導くマイクロチャネルプレート装置とを備えたものとして構成することができる。

【0021】二次電子検出センサは、マイクロチャネルプレート装置は3段のマイクロチャネルプレートから構成されている。

【0022】二次電子検出センサは、リニアイメージセンサと、試料面からの二次電子を前記リニアイメージセンサに導くマイクロチャネルプレート装置とを備えたことを特徴とする。

【0023】マイクロチャネルプレート装置は、2段のマイクロチャネルプレートと、該2段のマイクロチャネルプレートの出力信号を結像させる蛍光面を備えた受像部と、該受像部からの信号をリニアイメージセンサに導く光ファイバとを備えたものとして構成することができる。

【0024】欠陥検出手段は、相互に同一パターンが形成された別個の試料面における同一の領域からの二次電子像データを比較し、両者が一致するか否かにより欠陥の有無を検出するものとして構成することができる。

【0025】欠陥検出手段は、更に、2個の二次電子像データが不一致のとき、その2個の二次電子像データを同一パターンを有する他の二次電子像データと比較し、その結果において不一致となったものを欠陥パターンとして判定する機能を有するのが望ましい。

【0026】そして、本発明のウェーハパターンの欠陥検出方法は、矩形光源によって矩形電子ビームを取出すステップと、前記矩形電子ビームにより試料面を走査し、前記試料面からの二次電子信号を検出するステップと、前記二次電子信号により二次電子像データを生成し、その二次電子像データにより試料面に形成されたパターンの欠陥を検出するステップとを備えたことを特徴とする。

【0027】

【作用】本発明によれば、走査する電子ビームを矩形ビームにする。この矩形ビームを形成する電子光学系は、

矩形陰極と四極子レンズ系とからなる電子光学系が最も適している。この矩形ビームの短軸（X軸）方向に偏向系により走査しながら、ステージを長軸（Y軸）方向に長軸長と一致するピッチで移動させることにより、試料上をラスタ走査することとなる。矩形ビームは従来の円形ビームを縦に複数個並べたもの考えることができる。したがって、矩形ビームはビームの水平移動方向をX方向、垂直移動方向をY方向とすると、そのX方向のサイズは円形ビームと同じであって解像度は落ちることはない。また、矩形ビームは円形ビームに比べてY方向のサイズだけ大きくなったことになる。したがって、従来と比べY方向の折返し回数が減り、走査速度が向上することとなる。その速度向上の度合いは矩形ビームのアスペクト（長軸長と短軸長の長さの比）分の画素信号が同時に検出される。そのため、矩形ビームの電流密度が円形ビームのそれと同じであれば、検査時間は従来方式に比較して1/（アスペクト）に短縮されることとなる。

【0028】

【実施例】図1は本発明のビーム形状及びビームの走査方法を矩形ビームだけで示しており、図2は同内容をウェーハパターンとの関係で示している。これらの図に示すように、電子ビーム31は矩形ビームとして成形され、この矩形電子ビーム31により試料上をラスタ走査することとなる。このとき、符号32で示す電子ビーム31の短軸方向（X方向）に偏向器を用いてその電子ビーム31を走査しながら、符号33で示す長軸方向（Y方向）に長軸長ΔYと同じピッチでステージを移動することにより試料上をラスタ走査する。図2に示す矩形電子ビーム31の場合には破線で示す従来の円形電子ビーム14と比較すると分かるように、両電子ビーム14、31はX方向には同一寸法で、Y方向には8倍の寸法に成形されているため、Y方向のピッチは従来の8倍となる。ゆえに、XY走査速度も従来の8倍となり、X方向の速度が従来と同一であると考え、走査速度が速いのに加えて感度が従来と同一ということになる。

【0029】要するに、本実施例の矩形電子ビーム31は従来の円形電子ビーム14を仮に正方形と考えた場合、それを8個Y方向に並べたものに相当し、走査におけるY方向の折返しが従来8回必要であった領域を本実施例の場合には1回で済むようになり、感度を低下させることなく走査速度を向上させることができる。

【0030】ところで、矩形電子ビームを得るための技術としては図8に示すような3種の技術が考えられる。図3（a）は円形電子ビームをレンズの電界によって矩形に変形するもので、この場合にはレンズの電界を調整することにより電子ビームのx方向及びy方向の偏向を制御し、ビームの形を円形から矩形に変形するものである。このものはビームを断面にして局所的に見たとき、その光量が各部全域に渡って均一になるようにレンズの電界制御を行うことが難しい。

【0031】また、図3(b)に示すものは円形電子ビームをスリットに通すことにより、矩形電子ビームを取出すものである。この場合、円形電子ビームから矩形電子ビームとする部分以外を取除くことになるので、この円形電子ビームの矩形電子ビーム外側の部分の光量が無駄になる。

【0032】そして、図3(c)に示すものは本発明に係る矩形光源から矩形電子ビームを取出すものである。本発明のように光源から電子ビームを矩形にした場合には図3(a)に示すもののようなレンズの電界制御が難しくはなく、また図3(b)に示すもののように光源の無駄な光量が発生することはないのである。

【0033】これまでに矩形ビームを形成する手法として知られている技術としては、点光源を多極子レンズ（実施例では四極子レンズ）系により矩形の像に結像し、その長さ（アスペクト比）と電流密度分布を四極子レンズの励起条件を変えることにより制御するものがある（岡山、鶴島；特開昭60-233814号広報（特公平2-49533号））。この方法は点光源を非対象レンズである四極子レンズにより広げることでビームの成形を行っているので、得られるビーム電流量の総量の最大値は陰極からの放出電流量によって規定され、したがって、アスペクト比を大きくするとビームの断面積が大きくなった分だけ電流密度は低下する欠点がある。

【0034】電流密度が低下することにより単位面積あたり（1つの画素中で）の得られる信号量は低下するため、結果として検査時間は S/N が低下する分だけ長くなってしまふ。このことは本発明の最終的な目的である検査時間の短縮から考えると不適当な方法である。

【0035】Brodie(Brodie; J. Vac. Technol. B8, p.1691, 1990)は矩形陰極と電界型四極子レンズをタブレットあるいはトリプレットで用いてアスペクト比が可変である矩形ビームに成形し、さらに、この矩形に成形したビームを通常のコンデンサレンズと対物レンズとからなる収束光学系により収束する手法を提案している。しかし、の提案している四極子レンズ系の動作条件では励起条件が小さいため縮小率が小さく、このため四極子レンズ系はプローブ成形用のレンズとしてのみ用いられ、縮小レンズ系として磁界型のコンデンサレンズ、対物レンズを付加して全体の縮小率をかせいでいる。このことは、結果として電子光学系を複雑にし、全体構成は大きくかつ重い構成になっている。

【0036】本提案で提示した矩形陰極と四極子レンズ系から構成される電子光学系では、

- (1) 円形ビーム（アスペクト比；1）と矩形ビーム（アスペクト比；N）を長軸方向の縮小率 M_x を独立に可変することにより任意に制御し、かつそのときの電流密度が低下しない。
- (2) 磁界型レンズによる縮小光学系のような補助的なレンズ系を必要とせず、磁界型四極子レンズ系のみで構

成でマイクロビームを形成することができる、等の特徴がある。

【0037】矩形ビームにより走査することにより長軸方向（Y方向）の走査ピッチは長軸長と同じになるため、試料全面を走査するための検査時間は大幅に短縮される。例えば、アスペクト比 $N=10$ の矩形ビームであれば検査時間は $1/N$ 、すなわち、 $1/10$ になる。しかし、このときの欠陥検出分解能を達成できるが、長軸方向であるY方向は分解能がアスペクト比だけ低下する。これを補うために本発明では拡大投影型の二次電子検出系によりY軸方向の空間分解能の低下を防止している。

【0038】図4は図3(c)に示すような矩形電子ビームを発生する光学系を示すものである。この図において、矩形陰極の長軸方向をX軸、短軸方向をY軸としたときの符号45で示すX軌道（陰極の長軸方向断面に放出された電子の軌道）及び符号46で示すY軌道（陰極の短軸方向断面に放出された電子の軌道）の一例を示している。2つの軌道はZ軸上の像面47で交差し、陰極の像を符号47で示す位置に結像している。このときのX軸の倍率（縮小率） M_x とY軸の倍率 M_y の比率（倍率比） M_x/M_y の値が矩形陰極のアスペクト比（長さとの比）と一致していれば像面では1:1、すなわち円形ビームに収束されることになる。

【0039】このとき、長軸方向の倍率（縮小率） M_x を小さく設定することにより、像面に結像されたビーム形状はX軸方向に長い矩形になる。例えば、矩形陰極が $100\mu m \times 10\mu m$ であるとする、 $0.1\mu m$ 径の円形ビームを得るためには、 $M_x = 10^{-3}$ 、 $M_y = 10^{-2}$ であることが必要であるが、 $M_x = 10^{-2}$ とすることで、 $0.1\mu m \times 1\mu m$ の矩形の電子ビームを得ることができる。

【0040】ここで提示した矩形陰極及び四極子（多極子）レンズによる電子光学系の特徴として次に述べる2つの大きな特徴がある。

- (1) 陰極に矩形陰極を採用しているため電子放出面積が大きく、かつ途中でビームの軌道が交差してクロスオーバーを結ぶこととなるため、空間電荷効果の影響が軽減できるので大電流が取れる。
- (2) X軸方向の倍率 M_x を変えるだけで容易に矩形ビームを成形することができ、かつ電流密度が変わらない。

【0041】図5は、試料面51からの二次電子を検出する光学系の基本構成を示すものである。この図に示すように、当該光学系は、試料面51と矩形陰極光源52と電界型レンズ53とスリット54とから構成され、矩形陰極光源52を $Z=0$ の位置に置き、電界型四極子レンズを多段重ねて電子ビームの収束を行う。本実施例の図では、四極子レンズ53a、53b、53cからなる3段重ねのトリプレットからなっている。ここでは、最

も簡単な構成である四極子レンズ系を示しているが、八極子等のさらに電極が多い多極子レンズ系を用いてもよい。さらに、構造的な複雑さが問題にならないならば、4段重ねたカルテットを構成するようにしてもよい。光源52からの各画素52A, 52B, 52Cに対応する電子ビーム成分55A~55Cはスリット54で交差し、像面57で結像する。像面57で結像したビームはラインセンサ型二次電子検出器56によって検出される。この二次電子検出器56はCCD部56aと転送電極56bとから構成されており、像面57に結像した電子ビームの強さに応じた電荷がCCDセンサ部56aに蓄積され、このCCDセンサ部56aに蓄積された電荷が各位置に対応する転送電極56bによって外部へ転送されることとなる。二次電子検出器56の具体例としてはマルチアノードMCPが望ましい。

【0042】図6はそのマルチアノードMCPの構造図を示している。マルチアノードMCPは複数の独立したアノードを一次元あるいは二次元に配列したもので、各々のアノードは独立して動作するため、アノードのパターンに依存した位置の情報が得られる。いかも同時計測であるため並列読出しが可能となり、高速化が図られる特長がある。図示したものは、本実施例では矩形ビームからの一列に並んだ画素情報を読出すので、アノードは一次元に配列されている最も簡単な構造のものである。ここでは、高感度のために3段のMCP構造で第1のMCP61、第2のMCP62、第3のMCP63とMCP板が3段直列に配置されており、これらのMCP61~63間には抵抗器R1, R2からなる分圧回路両端間には電源E_{cc}が接続されている。以上のような構成により3段のMCP61~63より二次電子64を像倍していき、像倍された電子群は分割されたアノード電極A1..., A1..., ANにそれぞれ検出され、電流信号I1..., I1..., INとして取出される。アノードA1..., A1..., ANのピッチはクロストーク(二次電子の像倍過程で像倍された電子群が広がりを出す)の影響を考慮して概ね0.5mm~数mmピッチで配置するのが適当である。

【0043】このピッチは投影型二次電子検出系の拡大率によって決まり、いま0.1μm画素からの二次電子を5000倍の拡大率で拡大投影すると仮定すると、0.5mmピッチが最適配列ピッチとなる。アスペクト比が10~100倍程度であれば、このマルチアノードMCPが現状最も適当であるが、さらによりアスペクト比が大きい場合には構造が複雑になる。

【0044】このように構造の複雑さが問題になるならば、MCP-蛍光面-リニアイメージセンサ型の二次電子検出器を採用するのが望ましい。図7はその構成を示すもので、これはMCP71(本実施例では2段構成になっている)の後段に蛍光面72を塗布したファイバプレート73を配置し、増倍した電子群の信号を光信号に

変換し、これをMOS型リニアイメージセンサ74で電気信号に再変換する構成である。

【0045】MOS型リニアイメージセンサは自己走査型フォトダイオードアレイであり、NチャネルMOSトランジスタにより走査回路を構成している。各フォトダイオードは50μm×2.5mmあるいは25μm×2.5mmと受光面積が大きく、雑音が極めて少ない特徴がある。これらが512あるいは1024チャネル並んでいる構成になっている。

【0046】この方式は比較的容易に高アスペクト比の矩形ビームに対応できるが、信号読出しはシリアルになり、高速化はリニアイメージセンサのクロック周波数によって制約を受ける。最終的に得られる空間分解能は投影型二次電子検出系の収差によって決まる。一次ビームの矩形ビームの短軸方向(X軸)のビーム長によりX方向の空間分解能は決まるが、長軸方向(Y軸)は投影型二次電子検出系の収差の影響を受けて広がるためである。この結果、得られる1画素の信号は二次電子検出系の収差分広がることとなるためである。この結果、得られる1画素の信号は二次電子検出系の収差分広がることになる。したがって、こうして得られたY軸方向の信号プロファイルはなまだった形になる。

【0047】しかし、この信号プロファイルのなまりは二次電子検出系の収差のみによって発生していることは明らかであるので修復することが可能である。以下、この方法について説明する。収差による信号の広がり理論的にガウシアン分布の形状を示し、その広がり量は1/e²の径で表される。このことは、ちょうど理想的に収差の無い系を仮定して得られる仮定の信号(真の二次電子信号)にガウシアンフィルタによってコンボリューション(空間フィルタリング)を行ったことと等価になる。すなわち、収差が無いと仮定したときの真の二次電子信号をXとすると、検出される二次電子信号Yは、次式のように収差による広がりプロファイルHと真の二次電子信号Xとのコンボリューションで与えられる。

$$Y(i) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} H(j) \cdot X(i-j)$$

したがって、計算により求めたビームの広がり、あるいは、より現実的には測定により求めた二次電子検出系による信号の広がりを関数化してデコンボリューション処理を行うことにより真の二次電子信号を求めることができる。測定により二次電子検出系による信号の広がりを知る手法としては、ナイフエッジ法等の一般にビームのプロファイルを測定するよく知られた手法がそのまま適用できる。

【0048】図8は本発明の一実施例に係るパターン欠陥検査装置の全体図であり、81は電子光学鏡筒、82は試料、83は二次電子、84は二次電子検出系、85は矩形ビームの像、86はラインセンサ型二次電子検出

器であり、電子光学鏡筒81内には例えば図4に示すような光学系が内蔵され、その出力が試料面82上に当たって矩形ビームの二次電子像85を形成する。二次電子検出系84には図5に示すような光学系が内蔵され、例えば45度の角度から試料82上の二次電子像85を入力し、その二次電子強度をラインセンサ型二次電子検出器86により検出する。その検出信号は検出信号処理回路87に入力され、A/D変換されて内蔵メモリに格納される。この欠陥検査装置により同一パターンを有する複数の試料82について検査を行い、例えば、同一パター

【0049】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、走査する電子ビームを矩形ビームにする。この矩形ビームを形成する電子光学系は、矩形陰極と四極子レンズ系とからなる電子光学系が最も適している。この矩形ビームの短軸(X軸)方向に偏向系により走査しながら、ステージを長軸(Y軸)方向に長軸長と一致するピッチで移動させることにより、試料上をラスタ走査することとなる。矩形ビームは従来の円形ビームを縦に複数個並べたもの考えることができる。したがって、矩形ビームはビームの水平移動方向をX方向、垂直移動方向をY方向とすると、そのX方向のサイズは円形ビームと同じであって解像度は落ちることはない。また、矩形ビームは円形ビームに比べてY方向のサイズだけ大きくなったことになる。したがって、従来と比べY方向の折返し回数が減り、走査速度が向上することとなる。その速度向上の度合いは矩形ビームのアスペクト(長軸長と短軸長の長さの比)分の画素信号が同時に検出される。そのため、矩形ビームの電流密度が円形ビームのそれと同じであれば、検査時間は従来方式に比較して1/(アスペクト)に短縮されることとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のビーム形状とビームの走査方法を示す図。

【図2】本発明における矩形陰極と四極子レンズ系コラムの電子光学系の基本構成を示す図。

【図3】本発明における二次電子検出系の構成を示す図。

【図4】マルチアノード型のマイクロチャネルプレート

(MCP)の構造を示す図。

【図5】リニアイメージセンサを用いた二次電子検出器の構造を示す図。

【図6】本発明のパターン欠陥検査装置の検査ステーションブロックの構成を示す図。

【図7】本発明の光源と従来の光源とを対比して示す図。

【図8】本発明の光源の詳細図。

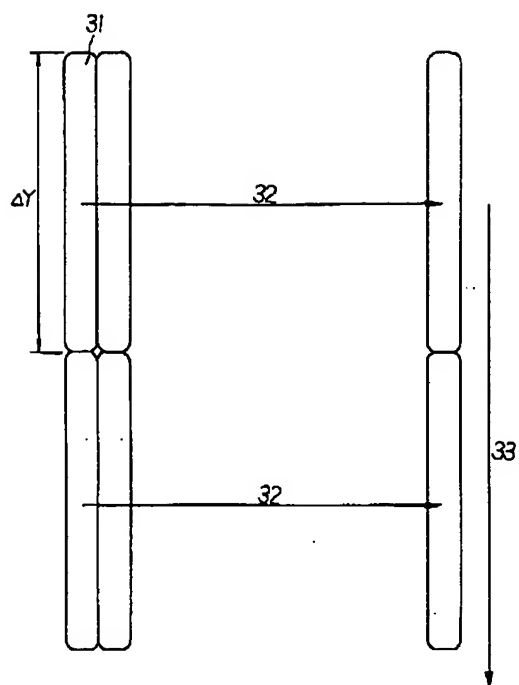
【図9】従来の円形ビームによるビームの走査方式を示す図。

【図10】画像比較方式の欠陥検査装置におけるウェーハ上のビームの走査方式を示す図。

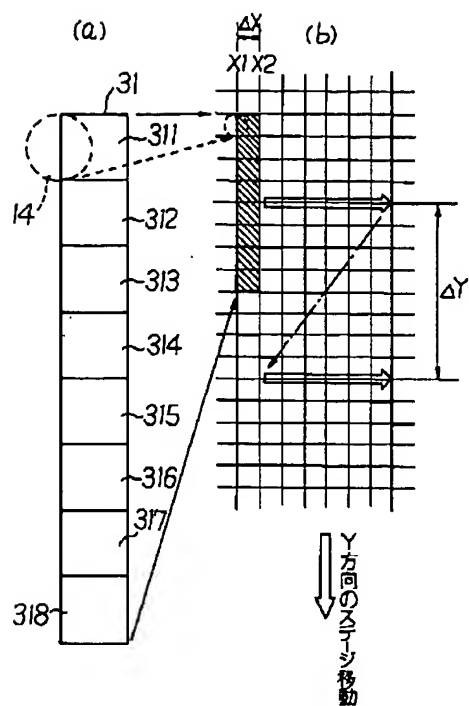
【符号の説明】

- 31 矩形ビーム
- 32 X方向のビームの走査方向
- 33 Y方向のステージの移動方向
- 41 矩形陰極
- 42 第1の四極子レンズ
- 43 第2の四極子レンズ
- 44 第3の四極子レンズ
- 45 X軌道
- 46 Y軌道
- 47 試料上の結像面
- 51 試料面
- 52 矩形ビームによる照射面
- 52A, 52B, 52C 矩形ビームの照射面に含まれる画素
- 53 拡大投影光学系の電界レンズ
- 54 像面
- 55A, 55B, 55C 二次電子の軌道
- 56 ラインセンサ型の二次電子検出器
- 61 第1のMCP
- 62 第2のMCP
- 63 第3のMCP
- 64 二次電子
- 71 MCP
- 72 蛍光面
- 73 ファイバプレート
- 74 MOS型リニアイメージセンサ
- 81 矩形陰極と四極子レンズ系コラム
- 82 試料
- 83 二次電子
- 84 投影型二次電子検出系
- 85 矩形ビームの照射面
- 86 ラインセンサ型二次電子検出器

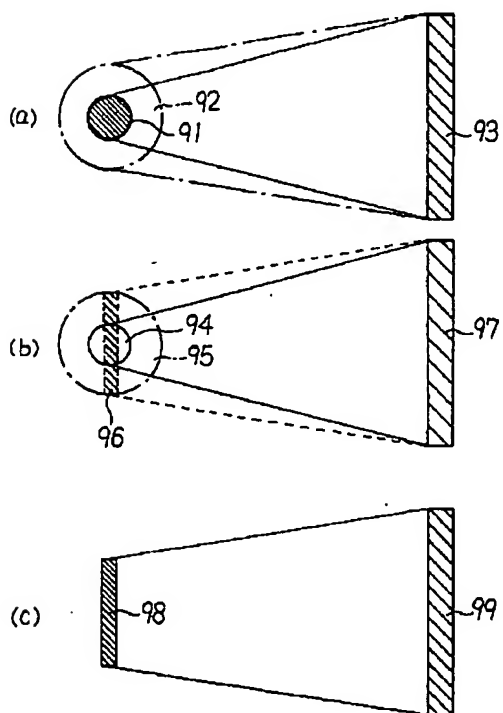
【図1】



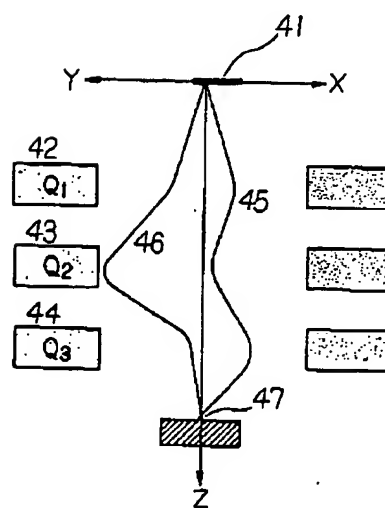
【図2】



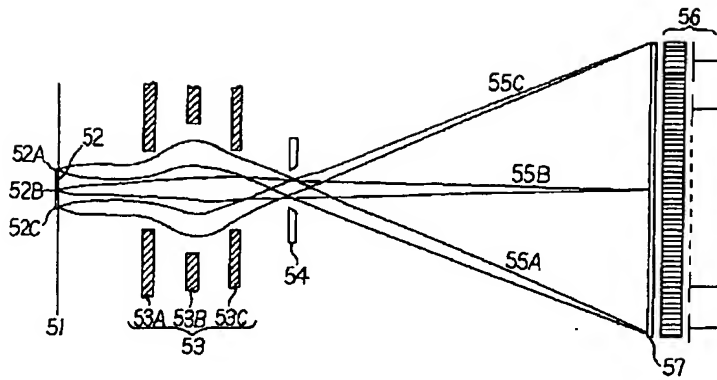
【図3】



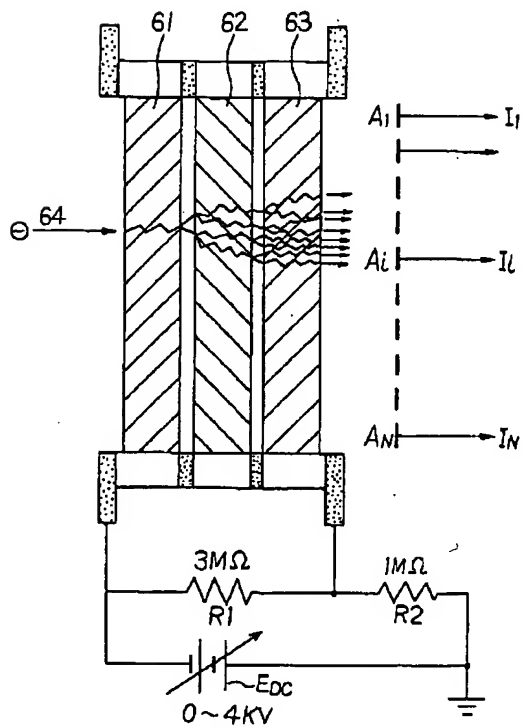
【図4】



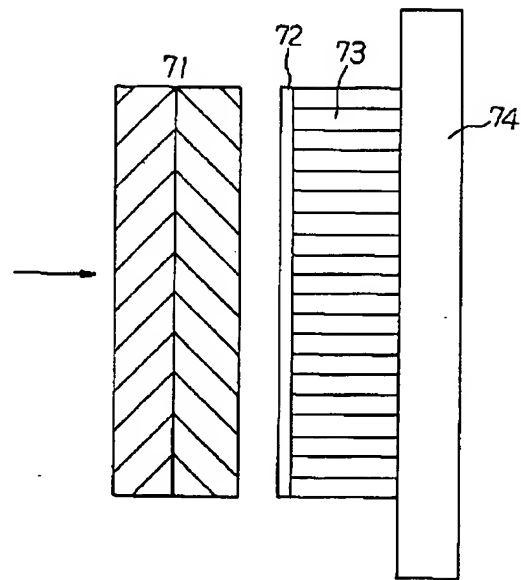
【図5】



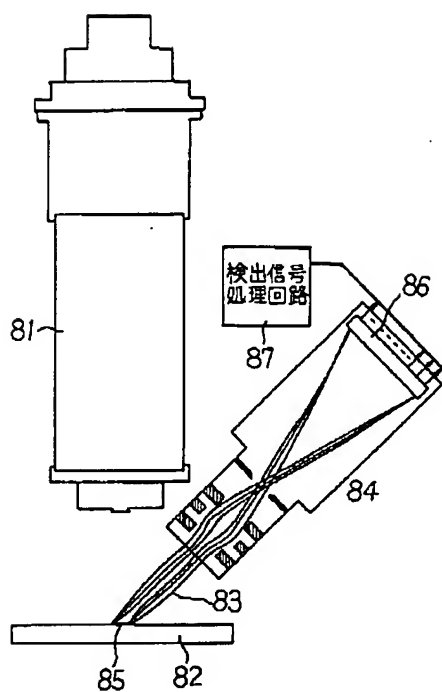
【図6】



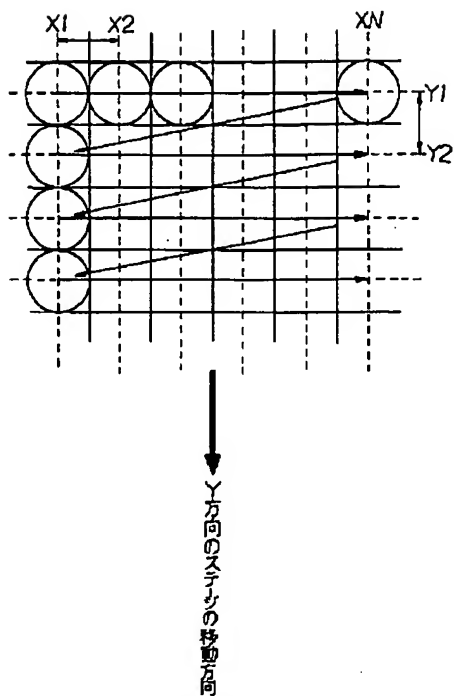
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

